

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-308185

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 7/02			H 0 2 K 7/02	
F 1 6 C 32/04			F 1 6 C 32/04	Z
H 0 2 K 7/09			H 0 2 K 7/09	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

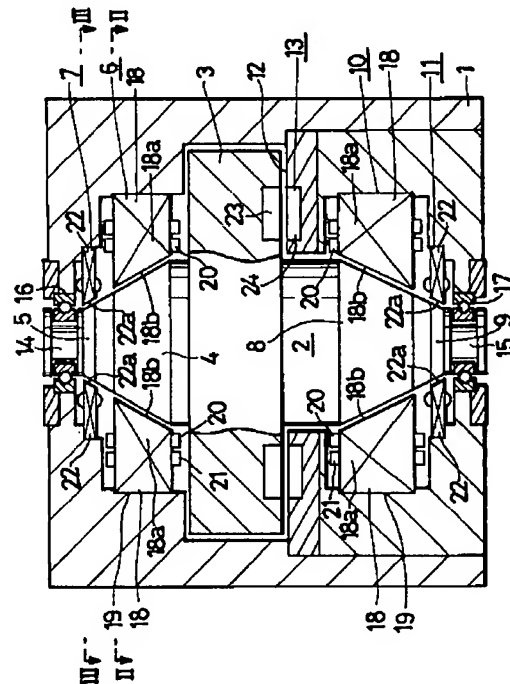
(21) 出願番号	特願平8-114567	(71) 出願人	000001247 光洋精工株式会社 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(22) 出願日	平成8年(1996)5月9日	(72) 発明者	上山 拓知 大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋精工株式会社内
		(72) 発明者	谷口 学 大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋精工株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 岸本 英之助 (外3名)

(54) 【発明の名称】 フライホイール装置

(57) 【要約】

【課題】 電磁石による消費電力を小さくするとともに、回転軸を短くして、回転軸が長くなることによる問題を解消する。

【解決手段】 フライホイール3が設けられた鉛直回転軸2を複数組の磁気軸受6、10により非接触支持する。フライホイール3に関し回転軸2の上下2箇所に、アキシャル方向に関して互いに反対側を向くテーパ状の軸受面4、8が形成され、各軸受面4、8の周囲のハウジング1に、円周方向に所定の間隔をおいて配置された3個の電磁石18を備えたアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受6、10がそれぞれ設けられている。各磁気軸受6、10は、回転軸2を回転駆動する電動駆動機能を有するモーター一体型磁気軸受である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】フライホイールが設けられた鉛直回転軸を複数組の磁気軸受により非接触支持するフライホイール装置において、

前記フライホイールに関し前記回転軸の外周の上下2箇所に、アキシャル方向に関して互いに反対側を向くテーパ状の軸受面が形成され、前記各軸受面の周囲の固定部分に、円周方向に所定の間隔をおいて配置された3個の電磁石を備えたアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受がそれぞれ設けられ、前記各磁気軸受が、前記回転軸を回転駆動する電動駆動機能を有するものであることを特徴とするフライホイール装置。

【請求項2】前記フライホイールのアキシャル方向端面とこれに対向する固定部分との間に、前記回転軸の重量の少なくとも一部を支持するアキシャル補助磁気軸受が設けられていることを特徴とする請求項1のフライホイール装置。

【請求項3】前記アキシャル補助磁気軸受が、前記フライホイールの下端面に設けられた永久磁石と、この永久磁石と反発するように前記固定部分に設けられた永久磁石とを備えていることを特徴とする請求項2のフライホイール装置。

【請求項4】フライホイールが設けられた中空状鉛直回転軸を複数組の磁気軸受により非接触支持するフライホイール装置において、

前記回転軸の内周の上下2箇所に、アキシャル方向に関して互いに反対側を向くテーパ状の軸受面が形成され、前記各軸受面の内側の固定部分に、円周方向に所定の間隔をおいて配置された3個の電磁石を備えたアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受がそれぞれ設けられ、前記各磁気軸受が、前記回転軸を回転駆動する電動駆動機能を有するものであることを特徴とするフライホイール装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、余剰電力をフライホイールの回転運動エネルギーに変換して貯蔵する電力貯蔵装置などに使用されるフライホイール装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】この種のフライホイール装置として、従来、フライホイールが設けられた鉛直回転軸をその周囲に配置された上下2組のラジアル磁気軸受と1組のアキシャル磁気軸受で非接触支持し、電動機で回転軸を回転駆動するものが知られている。

【0003】このような従来のフライホイール装置では、各ラジアル磁気軸受は回転軸を互いに直交する2つのラジアル方向から挟むように配置された2対(4個)の電磁石を備え、アキシャル磁気軸受は回転軸のフランジ部をアキシャル方向から挟むように配置された1対

(2個)の電磁石を備えている。したがって、装置全体で10個の電磁石が必要であり、電磁石による消費電力が大きいという問題がある。また、回転軸の周囲に電動機と3組の磁気軸受をアキシャル方向に並べて配置する必要があるため、回転軸が長くなる。そのため、回転軸の重量が大きくなるとともに、固有振動数が低くなり、高速回転が困難になるという問題がある。

【0004】従来のフライホイール装置には、フライホイールが設けられた中空状鉛直回転軸をその内側に配置された上下2組のラジアル磁気軸受と1組のアキシャル磁気軸受で非接触支持し、電動機で回転軸を回転駆動するものもあるが、この場合にも上記と同様の問題がある。

【0005】この発明の目的は、上記の問題を解決し、電磁石による消費電力を小さくするとともに、回転軸あるいは回転軸を短くすることができ、回転軸あるいは回転軸が長くなることによる問題を解消できるフライホイール装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段および発明の効果】この発明によるフライホイールは、フライホイールが設けられた鉛直回転軸を複数組の磁気軸受により非接触支持するフライホイール装置において、前記フライホイールに関し前記回転軸の外周の上下2箇所に、アキシャル方向に関して互いに反対側を向くテーパ状の軸受面が形成され、前記各軸受面の周囲の固定部分に、円周方向に所定の間隔をおいて配置された3個の電磁石を備えたアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受がそれぞれ設けられ、前記各磁気軸受が、前記回転軸を回転駆動する電動駆動機能を有するものであることを特徴とするものである。

【0007】回転軸は、テーパ状の軸受面の周囲に設けられた上下2組のアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受により非接触支持される。したがって、3組の磁気軸受が設けられていた従来のフライホイール装置に比べ、磁気軸受の数が1組少なくてすむ。しかも、各磁気軸受は3個の電磁石からなる3極構造のものであるから、電磁石の数は6個で、10個の電磁石が設けられていた従来のフライホイール装置に比べ、4個少なくてすむ。このため、電磁石による消費電力を小さくすることができる。

さらに、各磁気軸受が回転軸を回転駆動する電動駆動機能を有するものであるから、電動機を別に設ける必要がない。そして、このように回転軸の周囲に電動機を別に設ける必要がなく、しかも上記のように回転軸の周囲に設けられる磁気軸受が1組少なくてすむため、回転軸を従来のものより短くすることができる。したがって、回転軸の重量を小さくするとともに、固有振動数を高くすることができ、高速回転が可能になる。

【0008】たとえば、前記フライホイールのアキシャル方向端面とこれに対向する固定部分との間に、前記回転軸の重量の少なくとも一部を支持するアキシャル補助

磁気軸受が設けられている。その場合、好ましくは、前記アキシャル補助磁気軸受が、前記フライホイールの下端面に設けられた永久磁石と、この永久磁石と反発するように前記固定部分に設けられた永久磁石とを備えている。

【0009】回転体のアキシャル方向の位置の制御はアキシャル・ラジアル磁気軸受を制御することにより行うことができるので、アキシャル補助軸受は回転軸の重量の少なくとも一部を支持するだけのものでよい。そして、アキシャル補助軸受により回転軸の重量の少なくとも一部が支持されるので、アキシャル・ラジアル兼用磁気軸受の電磁石による消費電力がさらに小さくてすむ。アキシャル補助磁気軸受を電磁石により構成する場合でも、回転軸の重量を支持するだけでよいので、電磁石に一定の励磁電流を流しておくだけでよく、したがって、アキシャル補助磁気軸受の電磁石による消費電力の増加は小さくてすむ。また、フライホイールの端面と固定部分の対向面とに電磁石を設けるだけでよく、これによる回転軸の長さの増加は小さくてすむ。アキシャル補助磁気軸受が永久磁石の反発力により回転軸の重量を支持するものである場合、アキシャル補助磁気軸受による消費電力の増加は全くなく、上記同様、フライホイールの下端面と固定部分の対向面とに永久磁石を設けるだけでよく、これによる回転軸の長さの増加は小さくてすむ。

【0010】この発明によるフライホイール装置は、また、フライホイールが設けられた中空状鉛直回転体を複数組の磁気軸受により非接触支持するフライホイール装置において、前記回転体の内周の上下2箇所に、アキシャル方向に関して互いに反対側を向くテーパ状の軸受面が形成され、前記各軸受面の内側の固定部分に、円周方向に所定の間隔をおいて配置された3個の電磁石を備えたアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受がそれぞれ設けられ、前記各磁気軸受が、前記回転体を回転駆動する電動駆動機能を有するものであることを特徴とするものである。

【0011】この場合も、前記同様、必要な磁気軸受および電磁石の数が少なく済み、電動機を別に設ける必要がない。したがって、電磁石による消費電力を小さくすることができ、回転軸を短くすることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明のいくつかの実施形態について説明する。

【0013】図1～図3は、この発明をインナーロータ型のフライホイール装置に適用した実施形態（第1実施形態）を示している。

【0014】図1に示すように、フライホイール装置は、ハウジング（固定部分）(1)と、その内側に配置された鉛直回転軸(2)とを備えている。回転軸(2)の外周の上下方向（アキシャル方向）のほぼ中央部に、フライホイール(3)が形成されている。回転軸(2)のフライホ

ール(3)より上側の外周に斜め上方を向く先細テーパ面が形成され、その下側半分以上の大径の部分がロータ部を兼ねる軸受面（上側軸受面）(4)、上端近傍の小径の部分が被検出面（上側被検出面）(5)となっている。上側軸受面(4)に対向するハウジング(1)の内周部分にアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受（上側磁気軸受）(6)が、上側被検出面(5)に対向するハウジング(1)の内周部分に位置センサユニット（上側センサユニット）(7)が設けられている。回転軸(2)のフライホイール(3)より下側の外周に、同様に、アキシャル方向に関して上側軸受面(4)と反対側を向くロータ部を兼ねる軸受面（下側軸受面）(8)および被検出面(9)が形成され、これらにそれぞれ対向するハウジング(1)の内周部分にアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受（下側磁気軸受）(10)および位置センサユニット（下側センサユニット）(11)が設けられている。フライホイール(3)の下端面とこれに対向するハウジング(1)の上向き環状面(12)との間に、アキシャル補助磁気軸受(13)が設けられている。回転軸(2)の上端部および下端部の外周に環状溝(14)(15)が形成され、これらに対応するハウジング(1)の内周にタッチダウン軸受(16)(17)が設けられている。

【0015】上側磁気軸受(6)は3組の吸引用電磁石(18)よりなる3極構造のものであり、その詳細が図2に示されている。これらの電磁石(18)は、ハウジング(1)の内周に設けられた1つの環状ステータ部(19)に円周方向に等間隔（120度間隔）をおいて一体状に形成されている。ステータ部(19)の内周に、ラジアル方向内側に突出した6つの磁極(18a)が円周方向に等間隔（60度間隔）をおいて一体に形成されている。各磁極(18a)の吸引面(18b)は、軸受面(4)に対応するテーパ面になっている。隣り合う2つの磁極(18a)が1組の電磁石(18)を構成しており、各組の電磁石(18)の2つの磁極(18a)の先端側の部分に共通の吸引コイル(20)が巻かれている。また、磁気軸受(6)は回転軸(2)を回転駆動する電動駆動機能を有するモーター一体型磁気軸受であり、6つの磁極(18a)の基端側の部分にモータコイル(21)が巻かれている。

【0016】下側磁気軸受(10)は上側磁気軸受(6)と同じ構成のものであり、対応する部分に同一の符号を付している。

【0017】上側センサユニット(7)は、図3に詳細に示すように、互いに直交する2つのラジアル方向外側から回転軸(2)の被検出面(5)を挟むように配置された2対（4個）の位置センサ(22)を備えている。各位置センサ(22)の検出面(22a)は、被検出面(5)に対応するテーパ面になっている。

【0018】下側センサユニット(11)は上側センサユニット(7)と同じ構成のものであり、対応する部分に同一の符号を付している。

【0019】アキシャル補助磁気軸受(13)は、フライホ

イール(3)の下端面に設けられた環状の永久磁石(23)と、これに対向するようにハウジング(1)の環状面(12)に設けられた環状の永久磁石(24)とからなり、これらが互いに反発するようになっている。

【0020】各電磁石(18)の吸引コイル(20)、各磁極(18a)のモータコイル(21)および位置センサ(22)は、図示しない制御装置に接続されており、制御装置が、モータコイル(21)に交流電流(駆動電流)を供給するとともに、位置センサ(22)の出力信号に基づいて吸引コイル(20)に供給する直流電流(励磁電流)を制御するようになっている。

【0021】上記のフライホイール装置において、補助磁気軸受(13)の永久磁石(23)(24)の磁気反発力により、回転軸(2)の重量の少なくとも一部、好ましくはほぼ全体が支持される。制御装置から吸引コイル(20)に直流電流を供給することにより、電磁石(18)がテーパー状の軸受面(4)(8)を吸引し、回転軸(2)がアキシャル方向およびラジアル方向に非接触支持される。制御装置からモータコイル(21)に交流電流を供給することにより、ステータ部(19)に回転磁界が発生して、回転軸(2)が回転駆動され、この交流電流の大きさおよび周波数を制御することにより、回転軸(2)の回転駆動力および回転速度が制御される。各位置センサ(22)は、自身の検出面(22a)と対向する被検出面(5)(9)との空隙の大きさに対応した信号をそれぞれ出力する。そして、制御装置において、位置センサ(22)の出力信号を演算処理することにより、回転軸(2)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置が検出され、この検出結果に基づいて吸引コイル(20)に供給する直流電流を制御することにより、回転軸(2)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置が制御される。

【0022】第1実施形態の場合、位置センサユニット(7)(11)は4個の位置センサ(22)を用いて回転軸(2)の位置を検出しているが、磁気軸受(6)(10)の電磁石(18)と同様に配置された3個の位置センサを用いて回転軸(2)の位置を検出することもできる。

【0023】図4は、この発明をインナーロータ型のフライホイール装置に適用した他の実施形態(第2実施形態)を示している。第2実施形態は、上記の第1実施形態から上下の位置センサユニット(7)(11)を除いたものであり、対応する部分には同一の符号を付している。

【0024】第2実施形態の場合、磁気軸受(6)(10)は、回転軸(2)を非接触支持するための電磁石(18)の吸引コイル(20)を回転軸(2)の位置検出用のコイルとして共用するいわゆるセンサレス磁気軸受となっている。そして、制御装置が、吸引コイル(20)に流れる励磁電流の変化に基づいて回転軸(2)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置を検出するようになっている。他は、第1実施形態の場合と同様である。

【0025】第1および第2実施形態の場合、補助磁気軸受(13)は永久磁石(23)(24)の反発力により回転軸(2)

の重量を支持するようになっているが、フライホイール(3)の上端面とこれに対向するハウジング(1)の下向き環状面とに設けた永久磁石の吸引力により回転軸(2)の重量を支持するものであってもよい。また、永久磁石(23)(24)のかわりに電磁石を設けて、電磁石の反発力あるいは吸引力によって回転軸(2)の重量を支持するにしてもよい。場合によっては、アキシャル補助磁気軸受が設けられないこともある。

【0026】図5～図7は、この発明をアウトロータ型のフライホイール装置に適用した実施形態(第3実施形態)を示している。

【0027】図5に示すように、フライホイール装置は、鉛直固定軸(固定部分)(31)と、その外側に配置された中空状の鉛直回転体(32)を備えている。回転体(32)の外周の高さのほぼ全体に、フライホイール(33)が形成されている。フライホイール(33)の内側の回転体(32)の内周上部に斜め上方を向く末広テーパー面が形成され、その下側半分以上の小径の部分がロータ部を兼ねる軸受面(上側軸受面)(34)、上端近傍の大径の部分が被検出面(上側被検出面)(35)となっている。上側軸受面(34)に対向する固定軸(31)の外周部分にアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受(上側磁気軸受)(36)が、上側被検出面(35)に対向する固定軸(31)の外周部分に位置センサユニット(上側センサユニット)(37)が設けられている。フライホイール(33)の内側の回転体(32)の内周下部に、同様に、アキシャル方向に関して上側軸受面(34)と反対側を向くロータ部を兼ねる軸受面(下側軸受面)(38)および被検出面(39)が形成され、これらにそれぞれ対向する固定軸(31)の外周部分にアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受(下側磁気軸受)(40)および位置センサユニット(下側センサユニット)(41)が設けられている。回転体(32)の上端部および下端部の内周に環状段部(44)(45)が形成され、これらに対応する固定軸(31)の外周にタッチダウン軸受(46)(47)が設けられている。

【0028】上側磁気軸受(36)は3組の吸引用電磁石(48)よりなる3極構造のものであり、その詳細が図6に示されている。これらの電磁石(48)は、固定軸(31)の外周に設けられた1つの環状ステータ部(49)に円周方向に等間隔(120度間隔)をおいて一体状に形成されている。ステータ部(49)の外周に、ラジアル方向外側に突出した6つの磁極(48a)が円周方向に等間隔(60度間隔)をおいて一体に形成されている。各磁極(48a)の吸引面(48b)は、軸受面(34)に対応するテーパー面になっている。隣り合う2つの磁極(48a)が1組の電磁石(48)を構成しており、各組の電磁石(48)の2つの磁極(48a)の先端側の部分に共通の吸引コイル(50)が巻かれている。また、磁気軸受(36)は回転体(32)を回転駆動する電動駆動機能を有するモータ一体型磁気軸受であり、6つの磁極(48a)の基端側の部分にモータコイル(51)が巻かれている。

【0029】下側磁気軸受(40)は上側磁気軸受(36)と同じ構成のものであり、対応する部分に同一の符号を付している。

【0030】上側センサユニット(37)は、図7に詳細に示すように、互いに直交する2つのラジアル方向内側から回転体(32)の被検出面(35)に対向するように配置された2対(4個)の位置センサ(52)を備えている。各位置センサ(52)の検出面(52a)は、被検出面(35)に対応するテーパ面になっている。

【0031】下側センサユニット(41)は上側センサユニット(37)と同じ構成のものであり、対応する部分に同一の符号を付している。

【0032】各電磁石(48)の吸引コイル(50)、各磁極(48a)のモータコイル(51)および位置センサ(52)は、図示しない制御装置に接続されており、制御装置が、モータコイル(51)に交流電流(駆動電流)を供給するとともに、位置センサ(52)の出力信号に基づいて吸引コイル(50)に供給する直流電流(励磁電流)を制御するようになっている。

【0033】上記のフライホイール装置において、制御装置から吸引コイル(50)に直流電流を供給することにより、電磁石(48)がテーパ状の軸受面(34)(38)を吸引し、回転体(32)がアキシャル方向およびラジアル方向に非接触支持される。制御装置からモータコイル(51)に交流電流を供給することにより、ステータ部(49)に回転磁界が発生して、回転体(32)が回転駆動され、この交流電流の大きさおよび周波数を制御することにより、回転体(32)の回転駆動力および回転速度が制御される。各位置センサ(52)は、自身の検出面(52a)と対向する被検出面(35)(39)との空隙の大きさに対応した信号をそれぞれ出力する。そして、制御装置において、位置センサ(52)の出力信号を演算処理することにより、回転体(32)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置が検出され、この検出結果に基づいて吸引コイル(50)に供給する直流電流を制御することにより、回転体(32)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置が制御される。

【0034】第3実施形態の場合も、各位置センサユニット(37)(41)が3個の位置センサを用いて回転体(32)の位置を検出するようにしてもよい。

【0035】図8は、この発明をアウトロータ型のフライホイール装置に適用した他の実施形態(第4実施形

態)を示している。第4実施形態は、上記の第3実施形態から上下の位置センサユニット(37)(41)を除いたものであり、対応する部分には同一の符号を付している。

【0036】第4実施形態の場合、磁気軸受(36)(40)は、回転体(32)を非接触支持するための電磁石(48)の吸引コイル(50)を回転体(32)の位置検出用のコイルとして共用するいわゆるセンサレス磁気軸受となっている。そして、制御装置が、吸引コイル(50)に流れる励磁電流の変化に基づいて回転体(32)のアキシャル方向およびラジアル方向の位置を検出するようになっている。他は、第3実施形態の場合と同様である。

【0037】第3および第4実施形態の場合も、第1および第2実施形態の場合と同様に、永久磁石、電磁石などを用いたアキシャル補助磁気軸受を設けて、回転体(32)の重量を支持するようにしてもよい。

【0038】フライホイール装置の各部の構成は、上記実施形態のものに限らず、適宜変更可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、この発明の第1実施形態を示すフライホイール装置の縦断面図である。

【図2】図2は、図1のII-II線の断面図である。

【図3】図3は、図1のIII-III線の断面図である。

【図4】図4は、この発明の第2実施形態を示すフライホイール装置の縦断面図である。

【図5】図5は、この発明の第3実施形態を示すフライホイール装置の縦断面図である。

【図6】図6は、図5のVI-VI線の断面図である。

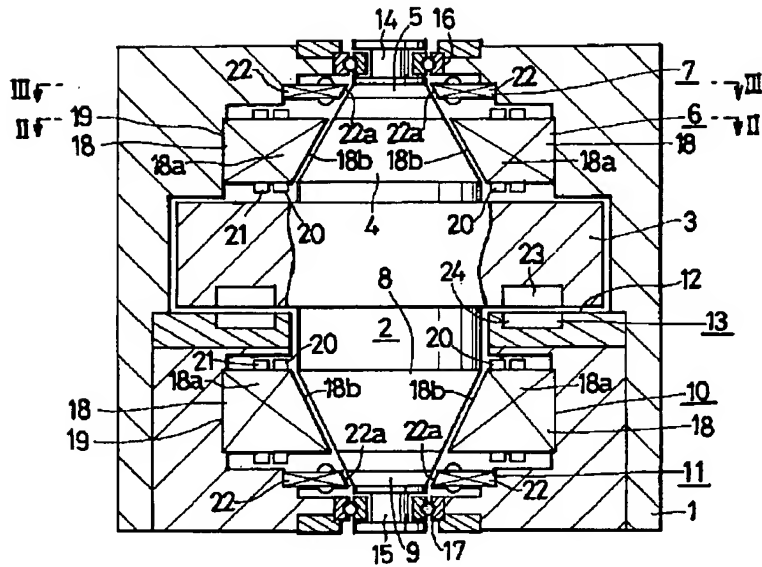
【図7】図7は、図1のVII-VII線の断面図である。

【図8】図8は、この発明の第4実施形態を示すフライホイール装置の縦断面図である。

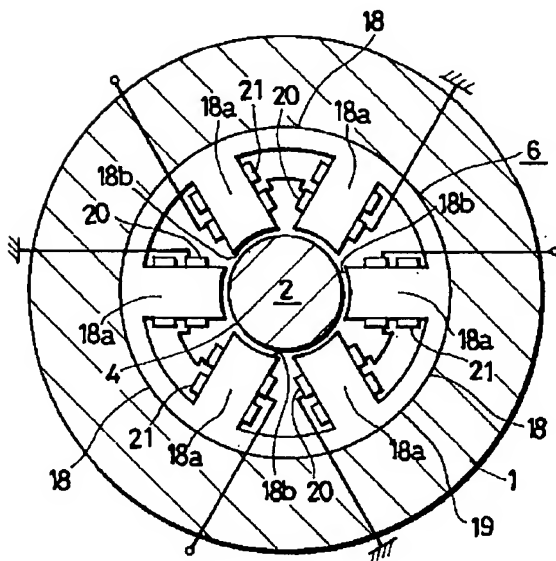
【符号の説明】

(1)	ハウジング(固定部分)
(2)	回転軸
(3)(33)	フライホイール
(4)(8)(34)(38)	軸受面
(6)(10)(46)(40)	アキシャル・ラジアル磁気軸受
(13)	アキシャル補助磁気軸受
(18)(48)	電磁石
(23)(24)	永久磁石
(31)	固定軸(固定部分)
(32)	回転体

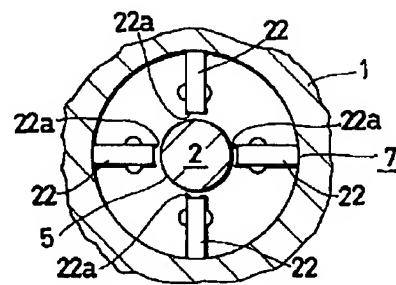
【図1】



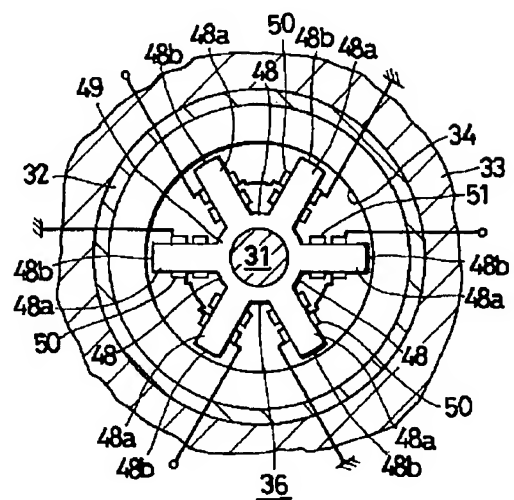
【図2】



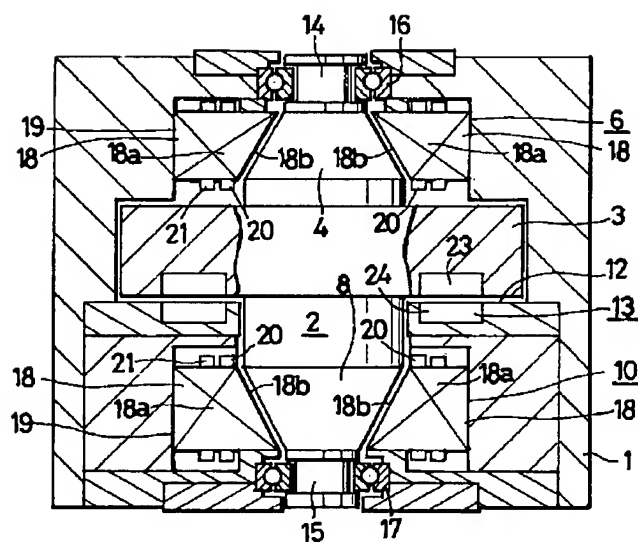
【図3】



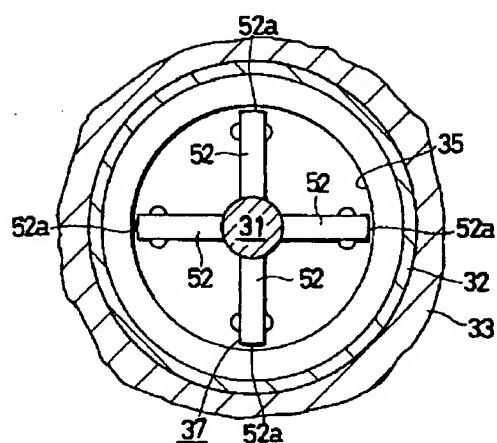
【図6】



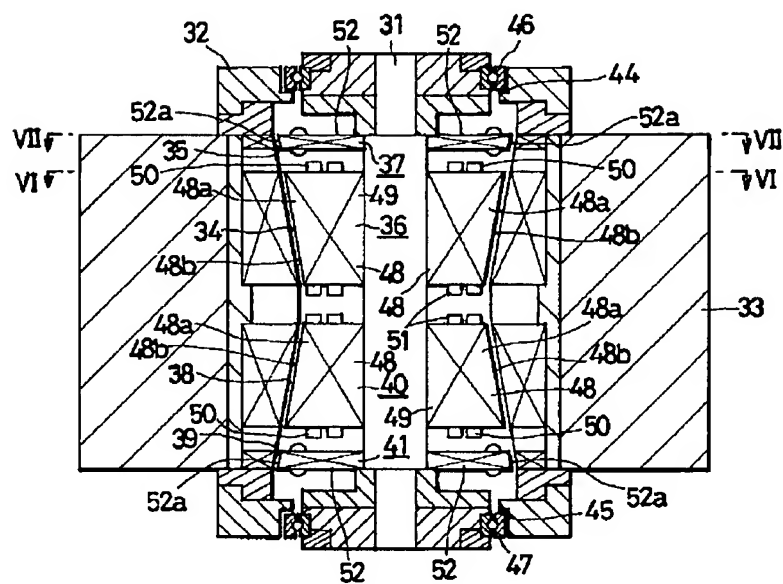
【図4】



【図7】



【図5】



【図8】

